

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平4-335330

(43) 公開日 平成4年(1992)11月24日

(51) Int.Cl.⁵
G 0 2 F 1/37

識別記号 庁内整理番号
7246-2K

F I

技術表示箇所

審査請求 未請求 請求項の数1(全 4 頁)

(21) 出願番号 特願平3-106299

(22) 出願日 平成3年(1991)5月13日

(71) 出願人 000001993

株式会社島津製作所

京都府京都市中京区西ノ京桑原町1番地

(72) 発明者 関本 亮

京都市中京区西ノ京桑原町1番地 株式会
社島津製作所三条工場内

(74) 代理人 弁理士 武石 靖彦

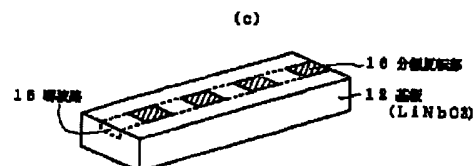
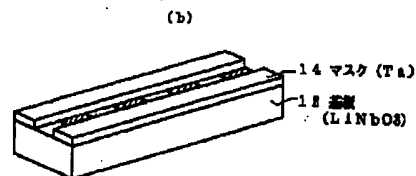
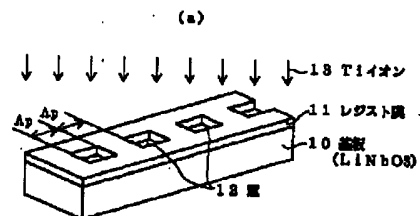
(54) 【発明の名称】 第2高調波発生素子の製造方法

(57) 【要約】

【目的】 高効率の第2高調波発生素子を、容易に、かつ、高精度に製造する方法

【構成】 導波路の分極方向を交互に反転して成るグレーティング構造を、レジストマスク11を使用したイオン注入法により作成する。

【効果】 グレーティング周期を数 μm 程度まで短くすることができる。この方法により製作した第2高調波発生素子は、近赤外線～赤色光の半導体レーザ光を最大効率で緑～青色光に変換することができる。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 分極方向が交互に反転するグレーティング構造を有する導波路を備えた第2高調波発生素子の製造方法であって、導波路の分極方向を交互に反転させた上記グレーティング構造を、レジストマスクを使用したイオン注入により作成することを特徴とする第2高調波発生素子の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、非線形光学効果を利用してレーザ光の波長を変換し、より波長の短いレーザ光を得るために用いられる第2高調波発生素子の製造方法に関する。

【0002】

【従来の技術】導波路型の第2高調波発生素子における第2高調波の位相整合法としては、通常、

(a) チェレンコフ放射法（「応用物理」第56巻第12号*

$$\Delta p = \{ (2m+1) / 4 \} \cdot \{ \lambda F / |nF - nSH| \} \\ = (2m+1) \cdot lc \quad \dots (1)$$

ただし、

$$lc = (\lambda F / |nF - nSH|) / 4$$

（ここで、 m は0又は正の整数、 λF は基本波の波長、 nF は導波路の基本波に関する屈折率、 nSH は第2高調波に関する屈折率である。）という関係を満たす必要がある。式(1)において、 $m=0$ のときが最も第2高調波の発生効率が高いが、このとき Δp は最も小さい値（ Δp_0 ）となる。例えば、主に近赤外線～赤色光を発生する半導体レーザ光を基本波とする場合には、 Δp_0 は数 μm 程度となる。

【0004】グレーティングの周期が短くなるに伴い、グレーティング構造には高い寸法精度が要求されるようになる。さらに、強い第2高調波を得るためには、導波路の長さは長い方がよい（第2高調波効率は導波路の長さの2乗に比例する）。しかし、現在のレーザ溶融ベダスタル法（"Applied Physical Letters", 56(2), 8, (1990), pp.108-110）やT i拡散急冷法（「光学」第19巻第6号(1990), pp.373-374）では、その主プロセスにおいて熱拡散を使用するため、このような短周期のグレーティング構造を作成することは困難であり、高強度用の長尺のものを得ることはなおさら困難である。本発明はこのような課題を解決するために成されたものであり、その目的とするところは、第2高調波を高効率に生成することのできる、短周期であり、かつ、長尺の分極方向反※

* (1987), pp.1637-1641) や

(b) 温度位相整合法（同上）

が用いられるが、(a)の方法では基本波（励起光）の導波モードが高調波光の放射モードと結合するため、放射モードで出射する高調波光を効率よく集光することが困難である。また、(b)の方法では整合温度範囲が狭い場合が多く、温度制御が非常に困難となる。そこで、近年、導波路中に周期的に分極方向が反転した構造（グレーティング構造）を形成し、これによって基本波と第2高調波の位相を擬似的に整合させる方法が検討されている（「光学」第19巻第6号(1990), pp.373-374）。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】グレーティング構造による第2高調波発生素子の概念的構成を図4に示す。グレーティング構造によって基本波（角振動数 ω ）から第2高調波（角振動数 2ω ）を発生させる場合、その導波路の分極方向反転の周期 Δp は

20※転グレーティング構造を有する第2高調波発生素子を、容易に、かつ、高精度に製造する方法を提供することにある。

【0005】

【課題を解決するための手段】上記課題を解決するために成された本発明の第2高調波発生素子製造方法は、導波路の分極方向を交互に反転させた上記グレーティング構造を、レジストマスクを使用したイオン注入により作成することを特徴とする。

【0006】

【実施例】本発明による第2高調波発生素子の製造方法の一例を図1により説明する。まず、図1(a)に示すように、非線形光学物質としてニオブ酸リチウム（ $LiNbO_3$ ）の基板10を用意し、その表面にレジスト膜11を塗布する。次に、通常のレジストパタン作成方法を用いて、このレジスト膜11に長さ Δp の窓12を周期 Δp で開ける。ここで、窓12の大きさ（及びピッチ）である Δp は、対象とする基本波の波長 λF に対して上記式(1)の關係になければならない。表1に代表的なレーザ光の波長 λF に対するコヒーレント長 lc の値を掲げる。

【0007】

【表1】

基本波長 λF	1.32 μm	1.06 μm	0.86 μm	備 考
コヒーレント長 lc	6.4 μm	3.4 μm	1.7 μm	d33非線形項使用

【0008】式(1)により、グレーティング周期 Δp はこのコヒーレント長 lc の奇数倍（ $2m+1$ ）でなければならぬが、前述の通り、第2高調波の発生効率は
50 $m=0$ 、すなわち、 $\Delta p=lc$ で最大となる。従って、最

大効率の第2高調波発生素子を得るためには、例えば、赤色半導体レーザ（波長 $\lambda=0.86\mu\text{m}$ ）を基本波として用いる場合、レジスト膜11のグレーティング周期 Λp は $1.7\mu\text{m}$ となる。

【0009】このようにして形成されたレジスト膜11の上から、例えばチタン（Ti）イオン13を注入する。従来の熱拡散法によるチタンの導入により分極反転領域が形成されることが知られており、ここで行なうイオン注入及び熱処理によっても同様に分極反転領域が形成される。ただ、注入イオンはチタンのみに限定されるものではなく、基板材料に応じて分極反転を生じさせるいかなるイオンをも使用することができる。ここにおけるイオン注入の深さが光導波路の深さとなるが、光導波路の深さは使用する基本波の波長程度必要である。近赤外線～赤色光の半導体レーザを基本波とする場合には上述の通り約 $1\mu\text{m}$ 程度となり、この程度のイオン注入深さを確保するためには、加速電圧は最大数MeV程度が必要となる。なお、光導波路内においてイオン濃度をほぼ均一にするために、多重エネルギー注入を行うことが望ましい。本実施例の条件の場合（基板10としてニオブ酸リチウムを、分極方向反転用注入イオンとしてTiを使用する場合）に、 $1\mu\text{m}$ の注入深さを得るための注入エネルギーの計算例を図2に示す。

【0010】このようなイオン注入によりグレーティング構造を形成した場合、注入イオンの基板10内における横方向の広がりは最大でも $0.2\mu\text{m}$ 程度と推定されるため、上記赤色光半導体レーザを基本波として用いる場合でも、十分対応することができる。しかし、上述のレーザ溶融ベダスタル法やTi拡散急冷法等の熱プロセスでは横方向拡散が非常に大きいことから、このような短い周期のグレーティング構造を形成することは困難である。

【0011】その後、レジスト膜11を適当な溶剤等で除去し、イオン注入された部分の分極反転を誘起させ、また、基板結晶のダメージを回復するために、アニール（加熱）を施す。なお、分極反転を誘起する方法は、アニール以外にも任意のものを用いることができる。また、基板及びイオンの種類、あるいはイオン注入条件により、イオン注入の状態のまま分極反転が誘起される場合には、アニール等の処理は必要がない。

【0012】次に、以下に述べるプロトン交換法により、基板10の上記グレーティング形成部分に光導波路を形成する。まず、図1(b)に示すように、グレーティング形成部分を除いて、基板10の表面にTa等によりマスク14を形成する。そして、ピロリン酸（ $\text{H}_4\text{P}_2\text{O}_7$ ）等により基板10のニオブ酸リチウム（ LiNbO_3 ）のリチウムLiの一部を水素Hと交換し、非マスク部を $\text{H}_x\text{Li}_{1-x}\text{Nb}$

O_3 とすることにより、その部分の屈折率を上昇させる。これにより、マスク14の窓の部分に導波路15が形成される。最後にマスク14を除去すると、 LiNbO_3 基板10の表面に周期 Λp のチタン注入域と非注入域から成る分極方向反転グレーティング構造が形成された第2高調波発生素子が得られる（図1(c)）。

【0013】上記実施例では周期 Λp が一定であるグレーティング構造を作成する例を示したが、第2高調波は Λp が徐々に変化する構造（チャープグレーティング）であっても発生することが知られている（"IEEE Quantum Electronics", Vol.26(1990), No.7, pp.1265-1276）。このチャープグレーティング構造（図3(b)）を有する第2高調波発生素子は周期一定のグレーティング構造（図3(a)）を有する第2高調波発生素子よりも高調波の発生効率が高いことが理論的に予測されている。従って、上記実施例の最初のレジスト膜11形成の段階（図1(a)）でレジスト膜11をチャープグレーティング構造とすることにより、より高効率の第2高調波発生素子を作成することができる。

【0014】

【発明の効果】本発明に係る第2高調波発生素子の製造方法では、半導体製造において十分な実績のあるイオン注入法を利用するため、数 μm 程度以下の周期のグレーティングパターンを容易に形成することができる。これは特に実用上重要度の高い近赤外線～赤色光領域の半導体レーザ光を緑から青色のレーザ光に変換する場合に好適に利用することができる。また、高強度のレーザ光を得るために必要な長尺の素子も容易に作成することができる。従って、高密度光CDピックアップ等の光情報処理機器のレーザ光源用等、広い応用範囲をカバーすることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明による第2高調波発生素子の製造方法の一例の工程を示す工程図。

【図2】 実施例の条件における多重イオン注入の注入深さの計算結果を示すグラフ。

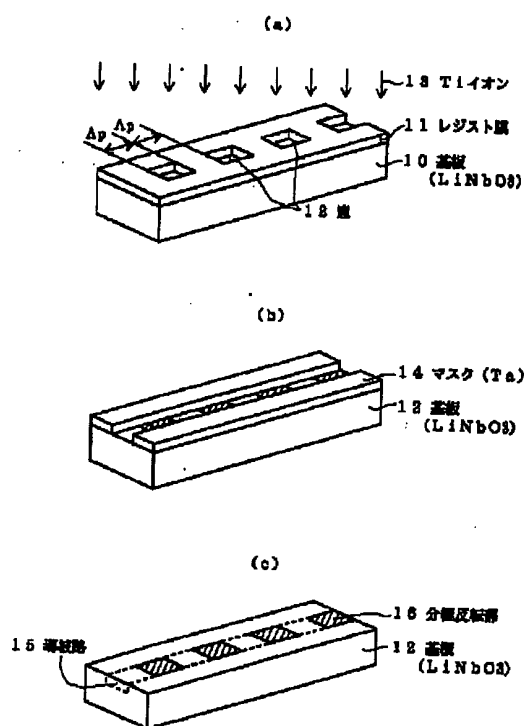
【図3】 周期一定のグレーティング構造(a)とチャープグレーティング構造(b)の分極方向反転構造の様子を示すグラフ。

【図4】 グレーティング構造を有する第2高調波発生素子の構成図。

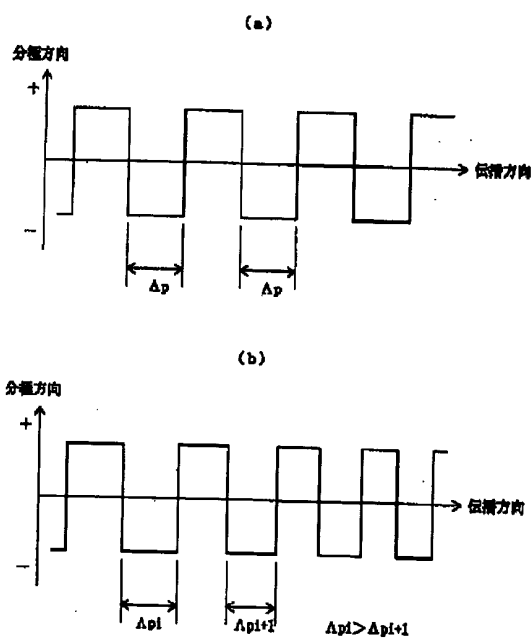
【符号の説明】

10…基板	11…レジスト
マスク	
12…窓	13…イオン
14…マスク	15…導波路

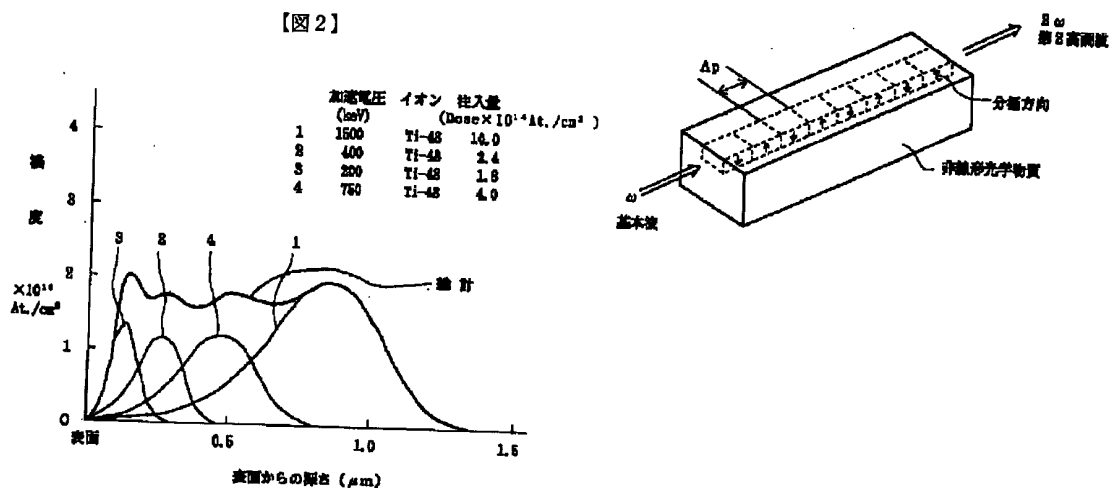
【図1】



【図3】



【図4】



WEST

Generate Collection

Print

L6: Entry 2 of 3

File: JPAB

Nov 24, 1992

PUB-NO: JP404335330A

DOCUMENT-IDENTIFIER: JP 04335330 A

TITLE: PRODUCTION OF SECOND HARMONIC GENERATING ELEMENT

PUBN-DATE: November 24, 1992

INVENTOR-INFORMATION:

NAME

COUNTRY

KAIMOTO, AKIRA

ASSIGNEE-INFORMATION:

NAME

COUNTRY

SHIMADZU CORP

APPL-NO: JP03106299

APPL-DATE: May 13, 1991

US-CL-CURRENT: 359/328

INT-CL (IPC): G02F 1/37

ABSTRACT:

PURPOSE: To easily obtain grating patterns of periods below about several μm by forming a grating structure alternately inverted with the polarization direction of waveguides by ion implantation using a resist mask.

CONSTITUTION: A resist film 11 is applied on the surface of a substrate 10 consisting of lithium niobate (LiNbO_3) as a nonlinear optical material. Windows 12 are opened in this resist film by a resist pattern forming method. For example, titanium (Ti) ions 13 are implanted from above such resist film 11. While polarity inversion regions are known to be formed by the introduction of the titanium by a thermal diffusion method, the polarity inversion regions are similarly formed by this ion implantation method and heat treatment as well. The ions to be implanted are not limited to the titanium but other ions are also usable according to the substrate material. The depth of the ion implantation is the depth of the optical waveguide 15 and the depth of the optical waveguide is required to be about the wavelength of the basic waves to be used.

COPYRIGHT: (C)1992, JPO&Japio